

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3737822 A1

21 Aktenzeichen: P 37 37 822.8  
22 Anmeldetag: 6. 11. 87  
43 Offenlegungstag: 18. 5. 89

51 Int. Cl. 4:  
F02B 33/44

F 02 D 23/00  
F 02 D 45/00  
F 01 L 7/02  
F 02 B 27/02

DE 3737822 A1

71 Anmelder:  
Schatz, Oskar, Dr.-Ing., 8035 Gauting, DE  
74 Vertreter:  
Lamprecht, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

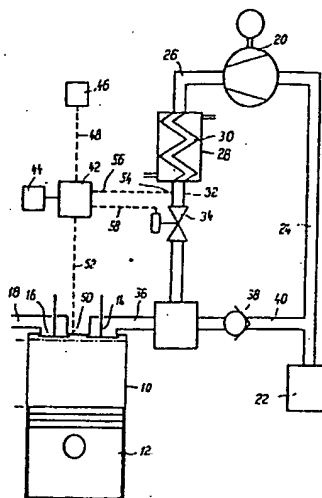
72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Ladeverfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors und Verbrennungsmotor zur Durchführung des Verfahrens

Ein Verbrennungsmotor der Kolbenbauart, insbesondere ein Hubkolbenmotor, bei dem jeder Verbrennungsraum (10) über mindestens ein in Abhängigkeit von der Kolbenbewegung gesteuertes Einlaßventil (14) mit einem Einlaßkanal (36) verbunden ist, ist mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden, in einen Speicherraum (28) fördernden Lader (20) versehen. Zwischen dem Speicherraum (28) und jedem Einlaßkanal (36) ist ein Luftsteuerventil (34) angeordnet, das sich in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume (10) öffnet und schließt. Der Öffnungszeitpunkt des Luftsteuerventils (34) wird in Abhängigkeit von der gewünschten Motorbetriebsweise zwischen einer das Luftangebot aus dem Speicherraum (28) auf das Einlaßende der zugeordneten Verbrennungsräume (10) konzentrierenden und einer gegen deren Einlaßbeginn verschobenen Grenzstellung verstellt und eine jeden Verbrennungsraum (10) mit unverdichteter Ladung versorgende Leitung (40) wird gesperrt, solange auf der Seite des zu versorgenden Verbrennungsraums Überdruck herrscht.

Fig 1



DE 3737822 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Ladeverfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart, insbesondere eines Hubkolbenmotors, bei dem jeder Verbrennungsraum über mindestens ein in Abhängigkeit von der Kolbenbewegung gesteuertes Einlaßventil mit einem Einlaßkanal verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden, in einen Speicherraum fördernden Lader und einem zwischen dem Speicherraum und jedem Einlaßkanal angeordneten Luftsteuerventil, das sich in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume öffnet und schließt und dessen Öffnungszeitpunkt gegenüber dem des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume veränderbar ist.

Bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugmotoren, insbesondere PKW-Motoren, werden heute im wesentlichen vier Entwicklungsziele angestrebt, nämlich hohe Leistung zur Erzielung hoher Geschwindigkeit, hohe Laufkultur bei niedrigen Drehzahlen, insbesondere hohes Drehmoment und spontanes Ansprechen, Umweltfreundlichkeit hinsichtlich Kraftstoffverbrauch, Abgasemissionen und Lärm, sowie niedrige Kosten.

Diese Ziele unterstützen sich in einigen Fällen gegenseitig, beispielsweise wird durch die Reduzierung von Fahrzeugwiderstand und Gewicht sowohl die Höchstgeschwindigkeit erhöht, als auch der Kraftstoffverbrauch und die Abgasabgabe reduziert. Andererseits erhöhen Abgaskatalysatoren den Kraftstoffverbrauch und reduzieren die Spontanität des Motors und die Höchstleistung.

Von besonderer Bedeutung sind die Maßnahmen zur Reduzierung von Fahrzeuggewicht und Luftwiderstand der Fahrzeuge, weil dadurch ein starker Druck auf Bauvolumen und Gewicht der Motoren ausgeht. Es kommt hinzu, daß aufgrund der schärfer werdenden Konkurrenz ein stärker Kostendruck besteht.

Die Lösung der vorstehend aufgezeigten Probleme wird in zunehmendem Maße in der Aufladung der Verbrennungsmotoren gesucht. Unter den möglichen Ladegeräten nimmt dabei der Abgasturbolader eine dominierende Stellung ein.

Der Abgasturbolader ist ein Kreiselverdichter, der durch eine Abgasturbine angetrieben wird. Seine Fördercharakteristik ist so beschaffen, daß mit zunehmender Förderleistung der erzeugte Luftdruck steigt. Die aufzuladende Verbrennungskraftmaschine, in der Regel ein Hubkolbenmotor der Verdrängerbauart, hat jedoch einen Luftbedarf, bei dem der Druck von der Drehzahl des Motors, also auch von der erforderlichen Luftmenge unabhängig und damit im ganzen Drehbereich konstant ist. Dadurch ergibt sich ein grundsätzliches Anpassungsproblem. Legt man den Abgasturbolader für eine bestimmte Drehzahl des Motors aus, dann ist der Förderdruck bei höheren Motordrehzahlen zu groß und bei niedrigeren Drehzahlen zu klein. Ein weiteres Problem, das sich aus dem grundsätzlichen Unterschied in der Fördercharakteristik ergibt, ist das verzögerte Ansprechen des Abgasturboladers auf Lastwechsel beim Motor.

In der Praxis der Kraftfahrzeugtechnik hat man einen unbefriedigenden Kompromiß geschlossen, indem man den Abgasturbolader etwa für die mittlere Nenndrehzahl des Motors auslegt und bei höheren Drehzahlen verdichtete Luft oder Abgas ungenutzt in die Atmosphäre abbläst, wodurch wertvolle Arbeitsenergie ungenutzt entweicht. Das Problem des zu niedrigen Dreh-

moments bei Drehzahlen, die kleiner sind als die Auslegungsdrehzahl, sucht man neuerdings durch Abgasturbolader mit variabler Laufradgeometrie zu bekämpfen. Dies ist mit hohem Bauaufwand, ungenügender Zuverlässigkeit und hohen Kosten verbunden. Das Problem der Anpassung des Abgasturboladers an Lastwechsel des Motors wird ebenfalls durch Laufräder mit variabler Geometrie und durch einen Trend zu immer kleineren und deshalb weniger trägen Abgasturboladern verfolgt.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Ladeverfahren, insbesondere zur Verwendung mit Abgasturboladern, zu schaffen, bei dem das Abblasen verdichteter Luft oder aufgestauter Abgase vermieden wird und eine schnelle Anpassung des Laders an Lastwechsel des Verbrennungsmotors möglich ist, ohne einen Drehmomentabfall bei niedrigen Drehzahlen in Kauf nehmen zu müssen.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß der Öffnungszeitpunkt des Luftsteuerventils in Abhängigkeit von der gewünschten Motorbetriebsweise zwischen einer das Luftangebot aus dem Speicherraum auf das Einlaßende der zugeordneten Verbrennungsräume konzentrierenden und einer gegen den Einlaßbeginn verschobenen Grenzstellung verstellbar wird und eine jeden Verbrennungsraum mit unverdichteter Ladung versorgende Leitung bei Überdruck auf der Seite des zu versorgenden Verbrennungsraums gesperrt wird.

Aus dem SAE Paper Nr. 8 51 523 "A NEW TYPE OF MILLER SUPERCHARGING SYSTEM FOR HIGH SPEED ENGINES" ist die Möglichkeit bekannt, die durch einen Abgasturbolader verdichtete Luft in einem Speicher zu sammeln und über ein Luftsteuerventil an den Motorzylinder abzugeben, wobei die Zufuhr der verdichteten Ladeluft durch Veränderung der Phasenlage des Luftsteuerventils gegenüber der des Einlaßventils am Motorzylinder auf den Beginn der Saugphase des Motorzylinders konzentriert werden kann, was man als Vorladung bezeichnen kann. Dabei kann bei vorausgehender Ladeluftkühlung durch Expansion der Luft im Motorzylinder auf das gewünschte Druckvolumen eine zusätzliche Kühlwirkung erzielt werden.

Aus der DE-OS 33 18 094 sind bereits die Vorteile der sogenannten "Nachladung" erläutert, bei der zusätzlich zu einer durch den Motorkolben angesaugten Luftmenge durch den Lader verdichtete Luft in den Motorzylinder eingebracht wird, während der Motorkolben im Bereich des unteren Totpunkts vom Saug- zum Verdichtungshub übergeht. Bei dieser Betriebsweise wird die vorhandene Laderenergie hauptsächlich im Kompressionsarbeit umgesetzt und es wird weitgehend vermieden, Förderarbeit zu leisten. In der DE-OS 33 18 094 wird diese "Nachladung" in Verbindung mit einem Kolbenlader durchgeführt, wobei dieser Kolbenlader auch in einen Speicherraum fördern und die Abgabe der verdichteten Ladeluft aus dem Speicherraum über ein Luftsteuerventil erfolgen kann. Die Abgabe der verdichteten Ladeluft ist aber auf den Übergang zwischen Saughub und Verdichtungshub des Motorzylinders beschränkt. Außerdem treten bei Kolbenladern die vorstehend erläuterten, den Abgasturboladern anhaftenden Probleme nicht auf. Die vorliegende Erfindung ermöglicht es nun, bei durch Abgasturboladern aufgeladenen Verbrennungsmotoren aus dem Bereich der Aufladung bei sinkender Drehzahl in den Bereich der Nachladung überzugehen.

Zur Verwirklichung dieses Verfahrens wird der Abgasturbolader vorzugsweise für die Nenndrehzahl des

Motors ausgelegt. Die Öffnung des Luftsteuerventils erfolgt dabei so frühzeitig, daß verdichtete Luft während der ganzen Saughubphase des Motors in den gerade zu beladenden Zylinder einströmt. Bei niedrigeren Drehzahlen erfolgt die Öffnung des Luftsteuerventils zunehmend später, sofern Vollast gewünscht wird, wodurch der Motor nunmehr während des Beginns der Saughphase des Motorzylinders zunächst unverdichtete Luft aus der Atmosphäre ansaugt. Dadurch wird die Nachladewirkung zunehmend intensiviert. Abhängig von der gewünschten maximalen Aufladung und den geometrisch realisierbaren Verhältnissen im Ladersystem kann dadurch ein annähernd konstantes Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich des Motors erzielt werden.

Bei sehr hohen Anforderungen an den Aufladegrad kann bei niedrigen Drehzahlen immer noch eine Drehmomentlücke auftreten. Wird bei einer bestimmten Drehzahl nicht das volle Drehmoment gefordert, so wird die Nachladewirkung reduziert und im Teillastbereich schließlich ganz aufgehoben, d.h., im Teillastbereich ist der Öffnungszeitpunkt des Luftsteuerventils so früh gelegt, daß nunmehr der Abgasturbolader im bekannten Aufladeverfahren arbeitet. Erfolgt in einem solchen Betriebszustand im Kraftfahrzeug ein Fahrleistungswunsch zur Lasterhöhung des Motors, so wird das Luftsteuerventil in den Nachladebetrieb umgeschaltet. Dadurch wird der Motor schlagartig mit mehr Luft versorgt, was die an der Abgasturbine verfügbare Leistung erhöht. Gleichzeitig jedoch wird der Leistungsbedarf des Turboladers trotz des gestiegenen Luftdurchsatzes durch den Motor reduziert, weil infolge der Nachladewirkung der Lader zwar mit höherem Verdichtungsdruck, aber mit niedrigerem Durchsatz arbeitet. Durch die Erhöhung der verfügbaren Leistung auf der Abgasseite und die Reduzierung des Leistungsbedarfs auf der Luftseite des Abgasturboladers wird somit schlagartig Energie freigesetzt für die Beschleunigung der Drehzahl des Abgasturboladers. Dadurch wird dessen Arbeitsfähigkeit in Form von höherer Förderleistung erhöht, so daß der Luftdurchsatz durch den Motor weiter steigt.

Bei Übereinstimmung von Fahrleistungswunsch und Fahrleistung wird der Öffnungszeitpunkt des Luftsteuerventils wieder auf einen früheren Zeitpunkt verschoben, wodurch die Nachladewirkung auf das geforderte stationäre Niveau reduziert wird.

Die Möglichkeit zur Verbesserung des Instationär-Verhaltens des Abgasturboladers durch Umschalten von Aufladen auf "Nachladen" ist im gesamten Betriebsbereich gegeben. Die Notwendigkeit des Abblasens von verdichteter Luft oder aufgestauter Abgase wird dadurch vermieden, daß der Abgasturbolader bei der Einstellung des Luftsteuerventils auf Aufladung erst bei Nenndrehzahl, also bei der Höchstdrehzahl des Motors, das volle Drehmoment erzeugen kann.

Bei niedrigeren Drehzahlen ist die Nachladeverschiebung nur so weit möglich, wie zur Erzielung des zugelassenen Drehmoments erforderlich. Ein Überschuß an verdichteter Luft wird dadurch vermieden.

Vorzugsweise entspricht die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils maximal etwa der Öffnungsdauer des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils mit zunehmender Phasenabweichung zwischen Luftsteuerventil und Einlaßventil verkürzt werden, um die Konzentration des Luftangebots aus dem Speicherraum auf den Einlaßbeginn zu fördern.

Zur Durchführung des Verfahrens dient ein Verbrennungsmotor der Kolbenbauart mit mindestens einem Verbrennungsraum, der über mindestens ein Einlaßventil mit einem Einlaßkanal verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden Lader, dessen Druckseite mit einem Speicherraum verbunden ist, mit einem Luftsteuerventil zwischen dem Speicherraum und jedem Einlaßkanal, dessen Antrieb so ausgelegt ist, daß er sich mit der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume öffnet und schließt und mit einer Einrichtung zur Verschiebung des Öffnungszeitpunkts des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume, wobei dieser Verbrennungsmotor erfindungsgemäß so ausgebildet ist, daß die Einrichtung zur Verschiebung des Öffnungszeitpunkts geeignet ist, die Öffnungsmitte des Luftsteuerventils von Phasengleichheit mit der Öffnungsmitte eines sich jeweils öffnenden Einlaßventils hinter dessen Öffnungsmitte zu verlagern und daß jeder Verbrennungsraum über einen den den Lader, den Speicherraum und das Luftsteuerventil umfassenden Verdichterzweig umgehenden, durch ein Ventil absperrbaren Kanal mit unverdichteter Ladung versorgbar ist, wobei vorzugsweise jeder Einlaßkanal mit dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal verbunden ist.

Vorzugsweise besteht die Einrichtung zur Änderung der Phasenlage aus einem Rechner, dessen Eingänge mit einem Programmspeicher und Sensoren zur Ermittlung von Betriebskennwerten des Motors und/oder mindestens einem Steuerorgan zur Eingabe von Steuerbefehlen und dessen Ausgang mit einer Stellvorrichtung für das Luftsteuerventil verbunden ist, wobei der Programmspeicher nach einer besonders zweckmäßigen Ausführungsform auswählbare Programme enthält. Hierdurch wird es möglich, daß der Rechner entsprechend dem durch die Programmwahl vorbestimmten Optimierungsziel und unter Berücksichtigung des durch die Sensoren ermittelten, augenblicklichen Betriebszustands des Motors das Ladeverfahren ausgewählt, das unter Berücksichtigung des über das Steuerorgans, z.B. das Fahrpedal eines Kraftfahrzeugs, eingegebenen, augenblicklichen Steuerbefehls diesem Optimierungsziel am besten entspricht.

Vorzugsweise sind die Sensoren am Verbrennungsraum und/oder am Speicherraum angeordnet und geeignet, den Motorbetriebszustand bzw. Druck und Temperatur im Speicherraum zu ermitteln.

Vorzugsweise sind die Einlaßseite des Laders und der ihn umgehende Kanal stromauf von dem diesen Kanal sperrenden Ventil miteinander verbunden.

Um einen möglichst gleitenden Übergang zwischen den verschiedenen Ladeverfahren zu ermöglichen, kann die Phasenlage von Einlaßventil und Luftsteuerventil stufenlos verstellbar sein.

Die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils entspricht vorzugsweise maximal der Öffnungsdauer des Einlaßventils, wie es für die herkömmliche Aufladung erforderlich ist.

Eine besonders einfache Ausführungsform besteht darin, daß der den Verdichterzweig umgehende Kanal ein Richtungsventil enthält, das nur eine Strömung in Richtung auf das Einlaßventil gestattet. Dadurch wird immer dann atmosphärische Luft in den Einlaßkanal gesaugt, wenn dort ein Unterdruck herrscht.

Es kann aber auch für den den Verdichterzweig umgehenden Kanal ein steuerbares Ventil vorgesehen sein, welches vorzugsweise in Abhängigkeit von der Stellung des Luftsteuerventils sperrbar ist.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist jedem Einlaßkanal ein die Verbindung zu dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal sperrendes Ventil zugeordnet, wobei zur Schadraumbegrenzung vorzugsweise das dem Einlaßkanal zugeordnete, die Verbindung zu dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal sperrende Ventil, das zugeordnete Luftsteuerventil und das Einlaßventil bzw. die Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume eng benachbart angeordnet sind.

Dabei kann nach einer weiteren zweckmäßigen Ausbildung der den Verdichterzweig umgehende Kanal ein gemeinsam mit dem Luftsteuerventil betätigbares Ventil enthalten, wobei beide Ventile auch zu einem Mehrwegeventil vereinigt sein können.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung besteht bei der Ausführungsform mit Richtungsventil darin, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal versehenen Rotor umfaßt, wobei dem Verbindungskanal im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse für den Speicherraum und den Einlaßkanal zugeordnet sind.

Bei der Ausführungsform mit einem steuerbaren Ventil in dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal, das mit dem Luftsteuerventil zu einem Mehrwegeventil vereinigt ist, besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung darin, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal versehenen Rotor umfaßt, wobei dem Verbindungskanal im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse für den Speicherraum, den Einlaßkanal und den den Verdichterzweig umgehenden Kanal zugeordnet sind.

Steuert das Luftsteuerventil nur den Eintritt der verdichteten Ladeluft in den Einlaßkanal, so kann durch eine verstellbare Schließkante des Anschlusses für den Speicherraum das Ladeende beeinflußt werden.

Bei den Ventilbauarten mit einem kontinuierlich umlaufenden Rotor besteht eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung darin, daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Kurbelwelle durch Verstellung des Rotors relativ zum Ventilgehäuse veränderbar ist.

Eine andere zweckmäßige Ausführungsform unter Verwendung eines Mehrwegeventils besteht darin, daß zwei als Rotationskörper ausgebildete und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbare Rotoren jeweils mit einem Verbindungskanal versehen und drehbar in einem Ventilgehäuse gelagert sind, wobei ein Verbindungskanal in seiner Öffnungsstellung Anschlüsse für den den Verdichterzweig umgehenden Kanal und den Einlaßkanal miteinander verbindet, daß die Phasenlage der Rotoren zueinander veränderbar ist und daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Motorkurbelwelle durch eine Verstellung der Rotoren relativ zum Ventilgehäuse veränderbar ist.

Vorzugsweise ist die Maximaldrehzahl des Rotors bzw. der Rotoren derart bemessen, daß auf zwei Takte des zugeordneten Motorzylinders bzw. der zugeordneten Motorzylinder jeweils eine Ventilöffnung entfällt.

Nach einer besonders zweckmäßigen Ausführungs-

form kann die Drehzahl des Rotors bzw. der Rotoren nach Wahl stufenweise halbiert werden, wodurch die Möglichkeit besteht, die Motorzylinder nicht bei jedem Arbeitsspiel zu laden, sondern die Ladung nur in dem Leistungsbedarf angepaßten Intervallen durchzuführen.

Bei einem Vierzylinder-Reihen-Viertaktmotor besteht eine besonders einfache Ausführungsform darin, daß drei Einlaßkanäle vorgesehen sind, von denen ein Einlaßkanal den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordnet ist. Durch eine derartige Ausführungsform kann ein Steuerventil und gegebenenfalls ein separates Richtungsventil eingespart werden, weil einerseits von einem den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordneten Ventil nur verhältnismäßig kurze Wege zu den beiden Zylindern zurückzulegen sind und andererseits die Saugphasen beider Zylinder nicht unmittelbar aufeinanderfolgen.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung besteht bei einer Bauform mit Richtungsventil in dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal darin, daß die Luftsteuerventile zumindest einer Anzahl von Einlaßkanälen eines Motors einen gemeinsamen, rohrförmigen, in einem rohrförmigen Gehäuse drehbar gelagerten, in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung antreibbaren Rotor besitzen, dessen Innenraum mit dem Speicherraum verbunden ist, daß am Gehäuse in axialer Richtung gegeneinander versetzt die Einlaßkanäle ausmünden, daß jedem Einlaßkanal am Rotor eine Ventilöffnung zugeordnet ist, wobei diese Ventilöffnungen entsprechend der Zündfolge in Umfangsrichtung versetzt sind, und daß die Phasenlage des Rotors relativ zur Kurbelwelle verstellbar ist. Bei dieser Ausführungsform, bei der vorzugsweise der Zutritt der verdichteten Ladeluft zu allen Einlaßkanälen eines Motors durch einen gemeinsamen Rotor gesteuert wird, steht der Innenraum des Rotors ständig mit dem Speicherraum über nur einen einzigen Anschluß in Verbindung, wodurch sich eine besonders einfache Anordnung ergibt. Die vom Gehäuse in Richtung auf die Motorzylinder verlaufenden Einlaßkanäle sind jeweils gesondert mit dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal verbunden.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch erreicht werden, wenn die Leitung für unverdichtete Ladung nicht in den vom Lader zum Verbrennungsraum führenden Lufteinlaßkanal einmündet, sondern der verdichteten Ladeluft und der unverdichteten Ladeluft getrennte Einlaßkanäle mit Einlaßventilen am Verbrennungsraum, d.h. am Motorzylinder, zugeordnet sind. Dabei ist im Einlaßkanal für die verdichtete Ladung ein Lufttaktventil angeordnet, während im Einlaßkanal für die unverdichtete Ladung ein Ventil angeordnet ist, welches sich bei Überdruck auf der Seite des Verbrennungsraums schließt, so daß ein Entweichen der dem Verbrennungsraum über den anderen Einlaßkanal zugeführten, verdichteten Ladung verhindert wird. Wegen des bei getrennten Einlaßkanälen erforderlichen zusätzlichen Einlaßventils am Motorzylinder wird jedoch der beschriebenen Lösung mit einem gemeinsamen Einlaßkanal für unverdichtete und verdichtete Ladung der Vorzug gegeben.

Anhand der nun folgenden Beschreibung der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele der Erfindung wird diese näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäß ausgebildeten Verbrennungsmotors, von welchem nur ein Zylinder gezeigt ist,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer anderen

Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgestatteten Verbrennungsmotors am Beispiel eines Vierzylindermotors,

Fig. 3 eine Fig. 2 ähnliche schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgestatteten Verbrennungsmotors am Beispiel eines Vierzylinder-Reihen-Motors,

Fig. 4 eine Ventilanordnung mit einem vom Luftsteuerventil getrennten Richtungsventil für die Zufuhr unverdichteter Ladung in schematischer Darstellung,

Fig. 5 eine der Fig. 4 ähnliche Darstellung einer Ausführungsform, bei der die Zufuhr verdichteter und unverdichteter Ladung durch ein gemeinsames Ventil gesteuert wird,

Fig. 6 eine Variante zu dem in Fig. 4 dargestellten Luftsteuerventil,

Fig. 7 eine Variante zu dem in Fig. 5 dargestellten Luftsteuerventil,

Fig. 8 eine schematische Darstellung zur Änderung der Phasenlage des in Fig. 5 gezeigten Luftsteuerventils gegenüber der Motorkurbelwelle,

Fig. 9 einen schematischen Axialschnitt durch eine andere Ausführungsform eines Luftsteuerventils,

Fig. 10 eine schematische Darstellung der Stellung des in Fig. 9 gezeigten Luftsteuerventils zum Zeitpunkt der Öffnung des Motoreinlaßventils und bei Aufladung,

Fig. 11 die entsprechende Situation bei Nachladung,

Fig. 12 einen schematischen Axialschnitt durch eine weitere Ventilanordnung für einen Vierzylindermotor und

Fig. 13 einen Schnitt nach der Linie XIII-XIII in Fig. 12.

In Fig. 1 ist ein Zylinder 10 eines Viertakt-Verbrennungsmotors mit einem hin- und hergehend beweglichen Kolben 12 dargestellt. Der Zylinder 10 besitzt ein Einlaßventil 14 und ein Auslaßventil 16, an welches sich eine Abgasleitung 18 anschließt. Durch das Abgas ist ein Turbolader 20 antreibbar, welchem zu verdichtende Luft über eine Luftfilter 22 und eine Leitung 24 zugeführt wird. Die vom Turbolader 20 verdichtete Luft gelangt über eine Leitung 26 zu einem Speicher 28, der hier in Kombination mit einem Ladeluftkühler 30 dargestellt ist. Eine Leitung 32 führt vom Speicher 28 zu einem Luftsteuerventil 34, welches geeignet ist, den Zutritt der verdichteten Ladeluft aus dem Speicher 28 in den zum Einlaßventil 14 führenden Einlaßkanal 36 zu steuern. Der Einlaßkanal 36 ist über eine ein Richtungsventil 38 enthaltende Zweigleitung 40 direkt mit der vom Luftfilter 22 zum Lader 20 führenden Luftleitung 24 verbunden, wobei das Richtungsventil, beispielsweise eine Rückschlagklappe, derart angeordnet ist, daß eine den Turbolader 20 umgehende Strömung nur vom Luftfilter 22 zum Einlaßkanal 36 stattfinden kann. Damit auch Motorbetriebszustände berücksichtigt werden können, bei denen eine Zufuhr von Saugluft unzuverlässig ist, kann die Leitung 40 auch für die Dauer eines derartigen Betriebszustandes vollständig absperren sein, wozu entweder ein separates Absperrventil vorgesehen werden oder das Richtungsventil 38 in Sperrstellung blockierbar sein kann.

Die Betätigung des Luftsteuerventils 34 erfolgt in Abhängigkeit von einem Rechner 42, dem ein Programmspeicher 44 zugeordnet ist, so daß die Möglichkeit besteht, den Rechner 42 mit einem ausgewählten Programm verschiedener, für die jeweiligen Betriebsbedingungen vorrätig gehaltener Programme zu betreiben. Der Rechner 42 verarbeitet dabei sowohl automatisch zugeführte Informationen über den Betriebszustand des

Motors, als auch externe Steuerbefehle, wie sie beispielsweise bei einem Kraftfahrzeug durch die Stellung des Fahrpedals eingegeben werden können. In der schematischen Darstellung der Fig. 1 bezeichnet 46 ein derartiges Fahrpedal, welches über eine Verbindung 48 an den Rechner 42 angeschlossen ist. 50 bezeichnet einen Sensor am Motor, der über eine Verbindung 56 an den Rechner 42 angeschlossen ist. Der Rechner 42 kann auf diese Weise nicht nur mit Informationen über den Zustand im Bereich des Motorverbrennungsraums, sondern auch beispielsweise über Druck und Temperatur der gespeicherten Ladeluft informiert werden.

Der Rechner 42 kann benutzt werden, um die Motorbetriebsweise gemäß unterschiedlicher Optimierungsziele zu steuern und zwar je nach Auswahl des einen oder anderen Programms aus dem Programmspeicher 44. In Abhängigkeit von den dem Rechner 42 zugeführten Informationen wird der Rechner dabei die Steuerzeiten des Luftsteuerventils 34 so beeinflussen, daß das Angebot verdichteter Ladeluft entweder auf den Einlaßbeginn des Motorzylinders 10 konzentriert wird, was als Vorladung bezeichnet wird oder daß die verdichtete Ladeluft während der gesamten Öffnungsdauer des Einlaßventils 14 des Motorzylinders 10 zugeführt wird, was der bekannten Aufladung entspricht. Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform wird dabei das Richtungsventil 38 durch den bei der Öffnung des Luftsteuerventils 34 im Einlaßkanal 36 herrschenden Überdruck geschlossen, so daß ein Entweichen der verdichteten Ladeluft verhindert wird. Andererseits wird unverdichtete Luft über das Richtungsventil 38 angesaugt, wenn der Motorkolben 12 bei geöffnetem Einlaßventil 14 seinen Saughub ausführt und das Luftsteuerventil 34 geschlossen ist.

In Fig. 2 ist dargestellt, daß bei einem Vierzylindermotor jedem der vier Zylinder 10a, 10b, 10c und 10d jeweils ein Luftsteuerventil 34a, 34b, 34c und 34d zugeordnet ist, wobei in diesem Fall die Luftsteuerventile 34a bis 34d als Dreiwegeventile ausgebildet sind, deren jedes zwei Einlässe besitzt, die einerseits mit der vom Turbolader 20 kommenden Leitung 32 für verdichtete Luft und andererseits über jeweils eine Zweigleitung 40a bis 40d mit der zum Lader 20 führenden Leitung 24 für unverdichtete Luft verbunden sind, und einen Auslaß, der jeweils mit einem, jeweils einem Zylinder zugeordneten Einlaßkanal 36a bis 36d verbunden ist.

In Fig. 2 wurde zur Vereinfachung der Darstellung der Speicher 28 mit dem Ladeluftkühler 30 zwischen dem Turbolader 20 und den Luftsteuerventilen 34a bis 34d nicht dargestellt.

Da bei der Zündfolge 1-3-4-2 eines Vierzylinder-Reihen-Motors die Arbeitsspiele der beiden mittleren Zylinder 2 und 3 nicht unmittelbar aufeinanderfolgen, kann ihnen ein gemeinsames Luftsteuerventil 34e zugeordnet werden, wie das in Fig. 3 gezeigt ist, zumal von diesem der Weg zu den beiden mittleren Zylindern über einen gemeinsamen Einlaßkanal 36e relativ kurz ist. Zweigleitungen 40a, 40e und 40d sind über Rückschlagklappen 38a, 38e und 38d verbunden. Ein entsprechender Anschluß der Zweigleitungen 40a bis 40d kann auch bei der Bauform nach Fig. 2 alternativ gewählt werden. Der Rotor 62 des Ventils 34c entspricht der in Fig. 7 gezeigten Bauform mit zwei Ausschnitten 64 und 65.

Die Ausführungsform nach Fig. 3 zeigt eine eng benachbarte Anordnung der Motoreinlaßventile 14a und 14d bzw. der Gruppe der Einlaßventile 14b und 14c zu den zugeordneten Luftsteuerventilen 34a, 34d und 34e, sowie Rückschlagklappen 38a, 38d und 38e, wodurch die

den einzelnen Motorzylindern zugeordneten Schadräume auf ein Minimum reduziert werden können und sich die Genauigkeit verbessert, mit der der Ladungswechsel gesteuert werden kann.

Die in Fig. 1 gezeigte Bauform mit einem Richtungsventil 38 in einer unmittelbar in den Einlaßkanal 36 ausmündenden Zweigleitung 40 ist in Fig. 4 in einer etwas anderen Darstellung gezeigt, wobei die Funktion des Luftsteuerventils 34 näher erläutert werden soll. Zur Vereinfachung der Darstellung ist auch hier der Speicher 28 mit Ladeluftkühler 30 zwischen dem Lader 20 und dem Luftsteuerventil 34 weggelassen. Bei ausreichendem Leitungsvolumen könnte auch die Leitungsverbindung zwischen dem Lader 20 und dem Luftsteuerventil 34 als Speicherraum dienen.

Das in Fig. 4 gezeigte Luftsteuerventil 34 besitzt ein Ventilgehäuse 60, in welchem ein in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich angetriebener Rotor 62 umläuft. Dieser Rotor 62 ist als Rotationskörper ausgebildet und besitzt einen sektorähnlichen Ausschnitt 64, welcher bei geeigneter Winkelstellung des Rotors 62 eine Strömung zwischen dem Einlaßschlitz 66 und dem Auslaßschlitz 68 gestattet. Wie in Fig. 4 deutlich zu sehen ist, wird die Verbindung zwischen dem Einlaßschlitz 66 und dem Auslaßschlitz 68 aufrecht erhalten, während der Rotor 62 eine Drehung um etwa 90° durchführt. Wird der Rotor 62 mit der halben Drehzahl der Motorkurbelwelle angetrieben, so entsprechen diese 90° einer Kurbelwellendrehung von 180°. Bei entsprechender Phasenlage des Rotors 62 zur Motorkurbelwelle kann die Verbindung zwischen dem Einlaßkanal 36 und der vom Lader 20 verdichteten Luft während eines vollen Saughubs des Motorkolbens aufrecht erhalten werden, wie dies für die übliche Aufladung erforderlich ist.

Ändert man die Phasenlage des Rotors gegenüber der Kurbelwelle in entgegengesetzter Richtung, so wird sich die Verbindung zwischen der verdichteten Ladeluft und dem Einlaßkanal 36 über das Luftsteuerventil 34 erst einige Zeit nach dem Öffnen des Einlaßventils 14 öffnen, so daß der Kolben 12 zunächst über das Richtungsventil 38 unverdichtete Luft ansaugt, bevor sich gegen das Ende des Saughubs des Kolbens 12 das Luftsteuerventil 34 öffnet und zusätzlich zu der bis dahin angesaugten Luft vom Lader 20 verdichtete Luft in den Zylinder 10 einströmt. Beispielsweise kann die Phasenverschiebung so groß gewählt werden, daß sich das Luftsteuerventil 34 erst kurze Zeit vor dem Schließen des Einlaßventils 14 öffnet, so daß selbst bei einer relativ geringen Laderleistung, wie sie im Bereich niedriger Drehzahlen zu erwarten ist, die Laderenergie in Kompressionsarbeit umgesetzt werden kann.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, die Phasenverschiebung des Rotors 62 gegenüber der Motorkurbelwelle gegenüber der der Aufladung zugeordneten Phasenlage in der Weise zu verändern, daß der Rotor 62 der Kurbelwelle vorausläuft, beispielsweise so, daß die Öffnungsmitte des Luftsteuerventils 34 mit dem Öffnungsbeginn des Einlaßventils 14 zusammenfällt. Es ergibt sich dann eine Betriebsweise, welche man als Vorladung mit Nachsaugen bezeichnen könnte, weil sich das Angebot an verdichteter Ladeluft mehr oder weniger auf den Einlaßbeginn des Motoreinlaßventils 14 konzentriert und nach der Unterbrechung der Verbindung des Einlaßkanals 36 mit der vom Lader 20 verdichteten Ladeluft vor dem Schließen des Einlaßventils 14 noch unverdichtete Ladung über das Richtungsventil 38 angesaugt wird. In Verbindung mit einer Kühlung der

verdichteten Ladeluft und der Kühlwirkung der im Motorzylinder stattfindenden Ladungsexpansion kann eine solche Betriebsweise sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren zur Reduzierung von Abgasemission und Kraftstoffverbrauch, aber auch zur Erhöhung der Motorleistung ohne Erhöhung der mechanischen und thermischen Belastung von Vorteil sein.

Die Fig. 5 zeigt eine Variante, bei welcher die Zweigleitung 40 nicht unmittelbar in den Einlaßkanal 36, sondern über einen Schlitz 70 an das Ventilgehäuse 60 angeschlossen ist und das Öffnen und Schließen der Zweigleitung 40 auf diese Weise durch den Rotor 62 gesteuert wird. Das Richtungsventil 38 in der Zweigleitung 40 entfällt bei dieser Konstruktion. Wie man aus Fig. 5 entnehmen kann, befindet sich die Öffnungsphase der Zweigleitung 40 gegenüber dem Einlaßkanal 36 jeweils unmittelbar nach der Öffnungsphase für die durch den Lader 20 verdichtete Ladeluft. Im Falle der Aufladung ist während der Öffnungsphase der Zweigleitung 40 das Einlaßventil 14 am Motor noch geschlossen, so daß keine unverdichtete Luft in den Zylinder 10 gelangt.

Die Fig. 6 zeigt eine Variante zu dem in Fig. 4 dargestellten Luftsteuerventil, welches nur die beiden Anschlüsse 66 für die verdichtete Ladeluft in Richtung auf den Einlaßkanal 36 aufweist. Innerhalb des Ventilgehäuses 60 befindet sich bei dieser Variante ein zum Ventilgehäuse 60 konzentrisch angeordneter Blendenring 102. Im Blendenring 102 ist dem Schlitz 66 ein Fenster 106 und dem Schlitz 68 ein Fenster 110 zugeordnet. Der Blendenring 102 kann durch ein Stellorgan 116 verstellt werden, das durch den Schlitz 120 im Ventilgehäuse 60 nach außen geführt ist.

Das Fenster 110 erstreckt sich über einen ausreichend großen Winkel, um in jeder Stellung des Blendenrings 102 den Schlitz 68 freizuhalten. Die in Drehrichtung des Rotors 62 gelegene, als Öffnungskante dienende Begrenzung 122 des Fensters 106 im Blendenring 102 dient zur Verstellung der Betriebsweise zwischen Auf- und Nachladung. Wird die Öffnungskante 122 in den Bereich des Schlitzes 66 bewegt, öffnet sich das Luftsteuerventil 34 später als das Motoreinlaßventil 14, was der Nachladung entspricht.

Die Bewegung des Rotors 62 wird entweder durch einen direkten Antrieb von der Motorkurbelwelle oder durch Antrieb von der Motornockenwelle abgeleitet.

Die Fig. 7 zeigt eine Variante zu dem in Fig. 5 dargestellten Luftsteuerventil 34, bei welchem im Unterschied zur Darstellung in Fig. 5 der Rotor 62 noch mit einem zweiten Ausschnitt 65 versehen ist. In der dargestellten Stellung gelangt unverdichtete Ladeluft aus dem Schlitz 70 über den Ausschnitt 64 zum Schlitz 68 und damit in den Einlaßkanal 36. Sobald die Verbindung des Ausschnitts 64 mit dem Schlitz 70 unterbrochen wird, öffnet sich die Verbindung zwischen dem Schlitz 66 und dem Ausschnitt 64, so daß nun die Nachladung stattfinden kann. Wird auch die Verbindung zwischen dem Schlitz 66 über den Ausschnitt 64 zum Schlitz unterbrochen, ist das Einlaßventil 14 des zugeordneten Motorzylinders bereits geschlossen. Ist das in Fig. 7 gezeigte Luftsteuerventil 34 nur einem einzigen Motorzylinder zugeordnet, wie es etwa in Fig. 2 dargestellt ist, so bleibt der zusätzliche Ausschnitt 65 ohne Wirkung. Ist das Luftsteuerventil 34 gemäß Fig. 7 als Luftsteuerventil 34e, entsprechend der in Fig. 3 gezeigten Anordnung, den beiden mittleren Motorzylindern 10b und 10c zugeordnet, so wiederholt sich sofort der beschriebene Vorgang für den jeweils anderen Zylinder, wobei nun die unverdichtete und anschließend die verdichtete Ladung über den

Ausschnitt 65 dem Einlaßkanal 36 zugeleitet wird.

Die Fig. 8 zeigt lediglich beispielsweise, wie die Phasenlage der Öffnungsphasen des Luftsteuerventils 34 gegenüber der Kurbelwellenposition des Motors verändert werden kann. Bei der in Fig. 8 gezeigten Anordnung wird zu diesem Zweck ein beispielsweise hydraulisch in seiner Länge veränderbares Stellglied 94 benutzt, welches einerseits bei 96 an einem in Abhängigkeit von der Motorkurbelwelle angetriebenen, konzentrisch zum Rotor 62 gelagerten Hebel 90 angreift und andererseits am Rotor 62, so daß die Winkellage des Rotors 62 gegenüber dem Hebel 90 veränderbar ist. Grundsätzlich besteht aber auch die Möglichkeit, nicht den Rotor 62 zu verstellen, sondern das Ventilgehäuse 60 gegenüber dem Rotor 62.

Die Fig. 9 bis 11 zeigen eine weitere Variante des Luftsteuerventils 34. Bei dieser Bauform sind innerhalb des Ventilgehäuses 138 koaxial zueinander zwei Rotoren 130 und 132 angeordnet, wobei dem in Fig. 9 oberen Rotor 130 im Gehäuse 138 ein zum Speicher 28 führender Anschluß 66 und ein Zweig 68a eines zum Einlaßkanal 36 führenden Anschlusses 68 zugeordnet ist. Dem in Fig. 9 unteren Rotor 132 ist ein mit der Zweigleitung 40 in Verbindung stehender Anschluß 70 und ein weiterer Zweig 68b des zum Einlaßkanal 36 führenden Anschlusses 68 zugeordnet. Der Rotor 130 ist mit einem Verbindungskanal 134, der Rotor 132 mit einem Verbindungskanal 136 versehen. Zum besseren Verständnis sind in Fig. 9 die Anschlüsse 66 und 70 einerseits und der Anschluß 68 andererseits in einem Abstand von 180° dargestellt, während, wie die Fig. 10 und 11 zeigen, diese Anschlüsse tatsächlich um etwa 90° gegeneinander versetzt sind. Ebenfalls zur Vereinfachung der Darstellung sind in den Fig. 10 und 11 die beiden Rotoren 130 und 132 nicht in koaxialer Anordnung, sondern rein schematisch seitlich gegeneinander versetzt dargestellt.

Das Ventilgehäuse 138 wird von einer in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle antreibbaren Antriebswelle 140 durchquert, welche von einer dem Rotor 132 verbundenen Hohlwelle 142 umschlossen wird, auf der ihrerseits drehbeweglich eine mit dem Rotor 130 verbundene Hohlwelle 144 angeordnet ist.

In Fig. 9 sind sowohl die Antriebswelle 140 als auch die Hohlwellen 142 und 144 nach der oberen Seite aus dem Ventilgehäuse 138 herausgeführt und dort mit sich radial erstreckenden Hebeln 146, 148 und 150 versehen, wobei durch nicht dargestellte Verstellorgane sowohl der Hebel 148 als auch der Hebel 150 unabhängig voneinander gegenüber dem Hebel 146 verstellt werden können, um die Phasenlage der Rotoren 130 und 132 unabhängig voneinander zu verändern. Die Anordnung kann aber auch so getroffen sein, daß der Hebel 148 gegenüber dem Hebel 146 und der Hebel 150 gegenüber dem Hebel 148 verstellbar ist, wobei durch entsprechende Steuerung der zwischen den Hebeln angeordneten Stellorgane ebenfalls eine unabhängige Phasenverstellung der beiden Rotoren 130 und 132 ermöglicht wird. Die Anordnung ist außerdem so getroffen, daß neben der voneinander unabhängigen Veränderung der Phasenlage der beiden Rotoren 130 und 132 gegenüber der Antriebswelle 140 auch eine gemeinsame Veränderung der Phasenlage beider Rotoren 130 und 132 gegenüber der Antriebswelle 140 möglich ist.

In Fig. 10 ist die Stellung der beiden Rotoren 130 und 132 zu Beginn des Motorsaughubs bei der sogenannten Aufladung dargestellt. Es ist angenommen, daß die Antriebswelle 140 mit der halben Kurbelwellendrehzahl umläuft. Der Verbindungskanal 134 erstreckt sich über

einen Sektor von etwa 105°, so daß im Falle der sogenannten Aufladung dem Motorzylinder während des gesamten Saughubs verdichtete Ladeluft aus dem Speicher 28 zugeführt werden kann.

Bei Öffnung des Motoreinlaßventils 14 gibt der Rotor 130 soeben die Verbindung zwischen dem Anschluß 66 und dem Anschlußzweig 68a frei. Die Verbindung zwischen dem Anschluß 70 und dem Anschlußzweig 68b bleibt unterbrochen, solange das Einlaßventil 14 geöffnet ist. Es findet also während des gesamten Saughubs des Kolbens 12 die Zufuhr verdichteter Ladeluft zur sogenannten Aufladung statt.

In Fig. 11 ist der Rotor entgegen der Umlaufrichtung gegenüber der Antriebswelle 140 verstellt, wobei der Rotor 132 an dieser Stellbewegung teilgenommen hat, ohne seine Lage gegenüber dem Rotor 130 zu verändern. Nachdem wieder die Situation bei Öffnung des Einlaßventils 14 dargestellt ist, erkennt man, daß die Verbindung zwischen dem Anschluß 70 und dem Anschlußzweig 68b bereits geöffnet ist, während die Verbindung zwischen dem Anschluß 66 und dem Anschlußzweig 68a noch unterbrochen ist. Der Kolben 12 saugt also zunächst unverdichtete Luft an. Die beiden Rotoren 130 und 132 nehmen eine solche Winkelstellung zueinander ein, daß der Anschluß 70 gesperrt wird, wenn der Anschluß 66 nach einer Drehung der Antriebswelle 140 um etwa 75°, also bei Annäherung des Kolbens 12 an den unteren Totpunkt, zur sogenannten Nachladung geöffnet wird.

Beliebige Zwischenstellungen können jederzeit eingestellt werden.

Bei der in den Fig. 12 und 13 dargestellten Ausführungsform wird ohne einschränkende Absicht von der Situation bei einem Vierzylinder-Reihen-Motor ausgegangen, wobei jedem Motoreinlaßventil ein Einlaßkanal 36a, 36b, 36c und 36d zugeordnet ist. Der den Verdichtierzweig 20, 28, 34 (Fig. 1) umgehende Kanal 40 ist jeweils über eine Rückschlagklappe 38 mit jedem der Einlaßkanäle 36a bis 36d verbunden. Jedem der Einlaßkanäle 36a bis 36d ist in der bereits beschriebenen Weise ein Luftsteuerventil 34a bis 34d zugeordnet, um entsprechend der Zündfolge und der gewählten Phasenlage der verdichteten Ladeluft aus dem Speicher 28 den Zutritt zu den einzelnen Motorzylindern zu ermöglichen. Bei der in den Fig. 12 und 13 gezeigten Ausführungsform sind diese Luftsteuerventile 34a bis 34d zu einer gemeinsamen Baugruppe mit einem gemeinsamen Rotor 62f zusammengefaßt, der rohrförmig ausgebildet ist und in einem gemeinsamen Gehäuse 60f drehbar gelagert ist. Der Rotor 62f wird in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung angetrieben, wobei jedoch durch hier nicht näher dargestellte Mittel seine Phasenlage gegenüber der Kurbelwelle veränderbar ist. Die einzelnen Einlaßkanäle 36a bis 36d sind in axialer Richtung gegeneinander versetzt an das Gehäuse 60f angeschlossen. In der entsprechenden axialen Position befinden sich im Rotor 62f den Einlaßkanälen 36a bis 36d zugeordnete Ventilöffnungen 64a bis 64d, die in Umfangsrichtung des Rotors 62f entsprechend der Zündfolge des Motorzylinder versetzt sind. Die Einrichtungen zum Antrieb des Rotors 62f und zu dessen Phasenverstellung, sowie die Verbindung des Innenraums 160 mit dem Speicherraum 28 können in beliebiger, für den Fachmann keine Schwierigkeit darstellenden Weise durchgeführt sein und sind deshalb hier nicht näher dargestellt.

Beim gezeigten Beispiel wird angenommen, daß der Rotor 62f mit der halben Kurbelwellendrehzahl angetrieben wird, so daß der Rotor 62f eine vollständige



Drehung ausführen wird, während beispielsweise am Vierzylinder-Reihen-Motor die Zündfolge 1-3-4-2 einmal durchlaufen wird. In entsprechender Reihenfolge gelangen nacheinander die Ventilöffnungen 64a, 64c, 64d und 64b zur Deckung mit den Anschlüssen der Einlaßkanäle 36a, 36c, 36d und 36b.

Reduziert man die Drehzahl der Rotoren 62 oder 130 und 132 auf ein Viertel der Kurbelwellendrehzahl, so wird jeder Verbrennungsraum nur bei jedem zweiten Arbeitsspiel mit Ladeluft versorgt, so daß bei geringerem Leistungsbedarf bei konstanter Motordrehzahl der einzelne Arbeitszyklus mit höherer Zylinderfüllung und damit bei günstigerem spezifischen Kraftstoffverbrauch abläuft. Bei weiterer Senkung des Leistungsbedarfs kann die Drehzahl der Rotoren erneut halbiert werden.

Zur Vereinfachung der Darstellung wurde in der vorangegangenen Beschreibung von verdichteter bzw. unverdichteter Ladeluft gesprochen. Es kann sich dabei — wie für den Fachmann ohne weiteres erkennbar ist — auch um mit Brennstoff vermischte Ladeluft handeln.

#### Patentansprüche

1. Ladeverfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart, insbesondere eines Hubkolbenmotors, bei dem jeder Verbrennungsraum über mindestens ein in Abhängigkeit von der Kolbenbewegung gesteuertes Einlaßventil mit einem Einlaßkanal verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden, in einen Speicherraum fördernden Lader und einem zwischen dem Speicherraum und jedem Einlaßkanal angeordneten Luftsteuerventil, das sich in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume öffnet und schließt und dessen Öffnungszeitpunkt gegenüber dem des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume veränderbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungszeitpunkt des Luftsteuerventils in Abhängigkeit von der gewünschten Motorbetriebsweise zwischen einer das Luftangebot aus dem Speicherraum auf das Einlaßende der zugeordneten Verbrennungsräume konzentrierenden und einer gegen deren Einlaßbeginn verschobenen Grenzstellung verstellt wird und eine jeden Verbrennungsraum mit unverdichteter Ladung versorgende Leitung bei Überdruck auf der Seite des zu versorgenden Verbrennungsraums gesperrt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils maximal etwa der Öffnungsdauer des Einlaßventils bzw. der Einlaßventile eines jeden Verbrennungsraums entspricht.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils mit zunehmender Phasenabweichung zwischen Luftsteuerventil und Einlaßventil verkürzt wird.
4. Verbrennungsmotor der Kolbenbauart, insbesondere Hubkolbenmotor, zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit mindestens einem Verbrennungsraum (10), der über mindestens ein Einlaßventil (14) mit einem Einlaßkanal (36) verbunden ist, mit einem einen kontinuierlichen Druck erzeugenden Lader (20), dessen Druckseite mit einem Speicherraum (28) verbunden ist, mit einem Luftsteuerventil (34) zwischen dem Speicherraum

(28) und jedem Einlaßkanal (36), dessen Antrieb so ausgelegt ist, daß es sich in Abhängigkeit von der Zündfrequenz der zugeordneten Verbrennungsräume (10) öffnet und schließt und mit einer Einrichtung (42) zur Verschiebung des Öffnungszeitpunkts des Luftsteuerventils (34) gegenüber dem des Einlaßventils (14) bzw. der Einlaßventile der zugeordneten Verbrennungsräume, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (42) zur Verschiebung des Öffnungszeitpunkts geeignet ist, die Öffnungsmitte des Luftsteuerventils (34) von Phasengleichheit mit der Öffnungsmitte eines jeden sich jeweils öffnenden Einlaßventils (14) hinter dessen Öffnungsmitte zu verlagern und daß jeder Verbrennungsraum (10) über einen den den Lader (20), den Speicherraum (28) und das Luftsteuerventil (34) umfassenden Verdichterzweig umgehenden, durch ein Ventil (38) absperrbaren Kanal (40) mit unverdichteter Ladung versorgbar ist.

5. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Einlaßkanal (36) mit dem den Verdichterzweig umgehenden Kanal (40) verbunden ist.

6. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Verschiebung des Öffnungszeitpunkts aus einem Rechner (42) besteht, dessen Eingänge (38, 52, 56) mit einem Programmspeicher (44) und Sensoren (50, 54) zur Ermittlung von Betriebskennwerten des Motors und/oder mindestens einem Steuerorgan (46) zur Eingabe von Steuerbefehlen und dessen Ausgang mit einer Stellvorrichtung für das Luftsteuerventil (34) verbunden ist.

7. Verbrennungsmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Programmspeicher auswählbare Programme enthält.

8. Verbrennungsmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (50, 54) am Verbrennungsraum (10) und/oder am Speicherraum (28) angeordnet und geeignet sind, den Motorbetriebszustand bzw. Druck und Temperatur im Speicherraum (28) zu ermitteln.

9. Verbrennungsmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerorgan ein Fahrpedal (46) eines Kraftfahrzeugs ist.

10. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaßseite (24) des Laders (20) und der ihn umgehende Kanal (40) stromauf von dem diesen Kanal (40) sperrenden Ventil (38) miteinander verbunden sind.

11. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage von Einlaßventil (14) und Luftsteuerventil (34) stufenlos verstellbar ist.

12. Verbrennungsmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils (34) maximal der Öffnungsdauer des Einlaßventils (14) entspricht.

13. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsdauer des Luftsteuerventils (34) verstellbar ist.

14. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß stromauf vom Luftsteuerventil (34) ein Ladeluftkühler (30) angeordnet ist.

15. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der den Ver-



dichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) ein Richtungsventil (38) enthält, das nur eine Strömung in Richtung auf das Einlaßventil (14) gestattet.

16. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) in Abhängigkeit von der Stellung des Luftsteuerventils (34) sperrbar ist.

17. Verbrennungsmotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Einlaßkanal (36) ein die Verbindung zu dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) sperrendes Ventil (38) zugeordnet ist.

18. Verbrennungsmotor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das dem Einlaßkanal (36a; 36d; 36e) zugeordnete, die Verbindung zu dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40a; 40d; 40e) sperrende Ventil (38a; 38d; 38e), das zugeordnete Luftsteuerventil (34a; 34d; 34e) und das Einlaßventil bzw. die Einlaßventile (14a; 14d; 14b, 14c) der zugeordneten Verbrennungsräume (10a; 10d; 10b, 10c) eng benachbart angeordnet sind.

19. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehende Kanal (40) ein gemeinsam mit dem Luftsteuerventil (62, 66) betätigbares Ventil (62, 70) enthält.

20. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (62, 70) in dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) und das Luftsteuerventil (62, 66) zu einem Mehrwegeventil vereinigt sind.

21. Verbrennungsmotor nach den Ansprüchen 5 und 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrwegeventil ein Dreiwegeventil ist, dessen Anschlüsse (66, 68, 70) mit dem Speicherraum (28), dem Einlaßkanal (36) und dem den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) verbunden sind.

22. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Luftsteuerventil einen von einem Ventilgehäuse (60) umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal (64) versehenen Rotor (62) umfaßt, wobei dem Verbindungskanal (64) im Ventilgehäuse (60) in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse (66, 68) für den Speicherraum (28) und den Einlaßkanal (36) zugeordnet sind.

23. Verbrennungsmotor nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrwegeventil einen von einem Ventilgehäuse (60) umschlossenen, als Rotationskörper ausgebildeten und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbaren, mit einem sich gegen das Gehäuse öffnenden Verbindungskanal (64) versehenen Rotor (62) umfaßt, wobei dem Verbindungskanal (64) im Ventilgehäuse in Umlaufrichtung aufeinanderfolgende Anschlüsse (66, 68, 70) für den Speicherraum (28); den Einlaßkanal (36) und den den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) zugeordnet sind.

24. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungskante (122) der Verbindung (66, 64, 68) zwischen Speicherraum (28) und Einlaßkanal (36) ver-

stellbar ist.

25. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Kurbelwelle durch Verstellung des Rotors (62) relativ zum Ventilgehäuse (60) veränderbar ist.

26. Verbrennungsmotor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwei als Rotationskörper ausgebildete und in Abhängigkeit von der Drehung der Motorkurbelwelle kontinuierlich antreibbare Rotoren (130, 132) jeweils mit einem Verbindungskanal (134, 136) versehen und drehbar in einem Ventilgehäuse (138) gelagert sind, wobei ein Verbindungskanal (134) in seiner Öffnungsstellung Anschlüsse (140, 142) für den Speicherraum (28) und den Einlaßkanal (36) und der andere Verbindungskanal (136) in seiner Öffnungsstellung einen Einlaß (144) und einen Auslaß (146) für den den Verdichterzweig (20, 28, 34) umgehenden Kanal (40) miteinander verbindet, daß die Phasenlage der Rotoren (130, 142) zueinander veränderbar ist und daß die Phasenlage der Ventilöffnungszeiten gegenüber der Motorkurbelwelle durch eine Verstellung der Rotoren (130, 132) relativ zum Ventilgehäuse (138) veränderbar ist.

27. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Maximaldrehzahl des Rotors (62, 130, 132) derart bemessen ist, daß auf zwei Takte des zugeordneten Motorzylinders bzw. der zugeordneten Motorzylinder jeweils eine Ventilöffnung entfällt.

28. Verbrennungsmotor nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Rotors (62, 130, 132) nach Wahl stufenweise halbierbar ist.

29. Verbrennungsmotor nach einem der Ansprüche 4 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Vierzylinder-Reihen-Viertaktmotor drei Einlaßkanäle (36a, 36b, 36c) vorgesehen sind, von denen ein Einlaßkanal (36b) den beiden mittleren Zylindern gemeinsam zugeordnet ist.

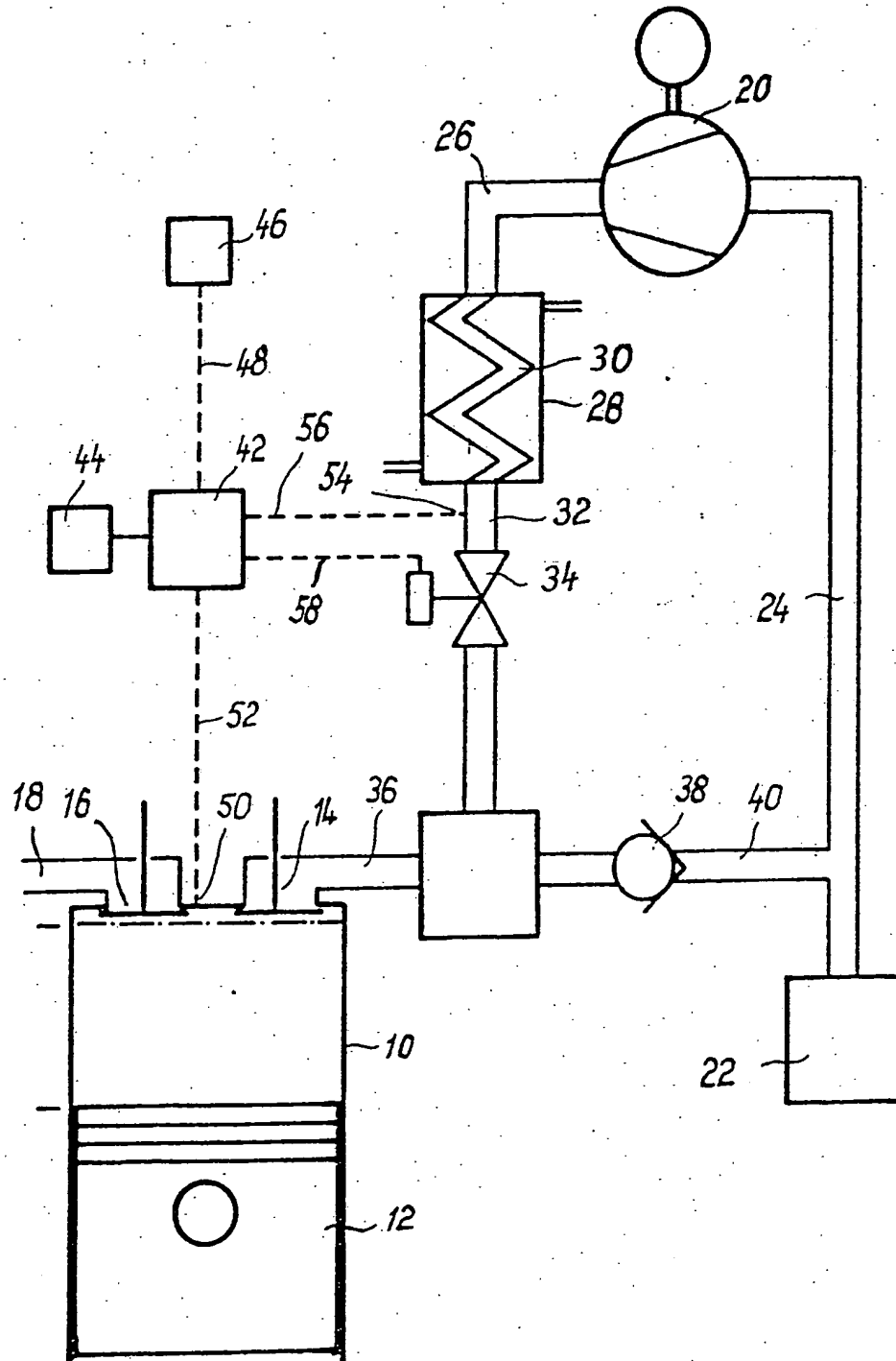
30. Verbrennungsmotor nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftsteuerventile (34a, 34b, 34c, 34d) zumindest einer Anzahl von Einlaßkanälen (36a, 36b, 36c, 36d) eines Motors einen gemeinsamen, rohrförmigen, in einem rohrförmigen Gehäuse (60f) drehbar gelagerten, in Abhängigkeit von der Kurbelwellendrehung antreibbaren Rotor (62f) besitzen, dessen Innenraum (160) mit dem Speicherraum (28) verbunden ist, daß am Gehäuse (60f) in axialer Richtung gegeneinander versetzt die Einlaßkanäle 36a, 36b, 36c, 36d ausmünden, daß jedem Einlaßkanal (36a—36d) am Rotor (62f) eine Ventilöffnung (64a, 64b, 64c, 64d) zugeordnet ist, wobei diese Öffnungen (64a—64d) entsprechend der Zündfolge in Umfangsrichtung versetzt sind, und daß die Phasenlage des Rotors (62f) relativ zur Kurbelwelle verstellbar ist.

3737822

Fig. 1

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

Fig.: 36: 11  
37 37 822  
F 02 B 33/44  
6. November 1987  
18. Mai 1989  
30



908 820/277

3737822

37

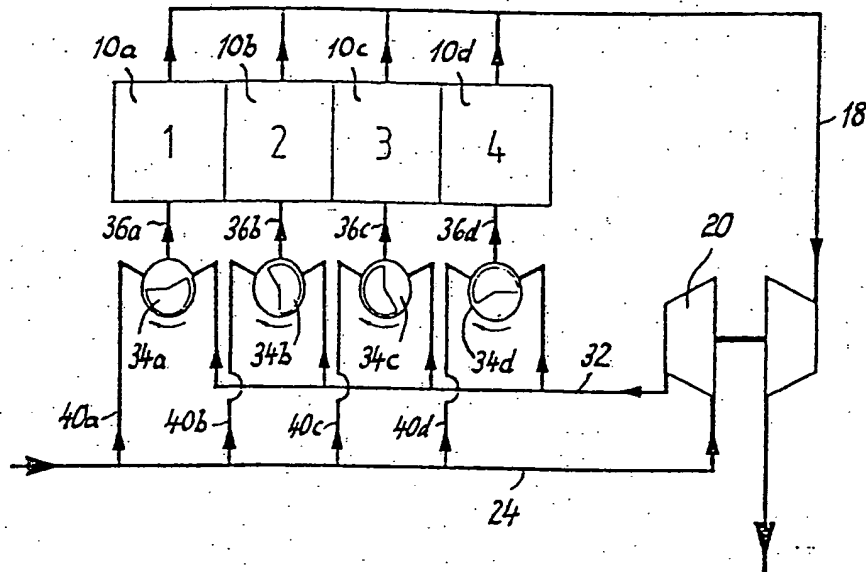
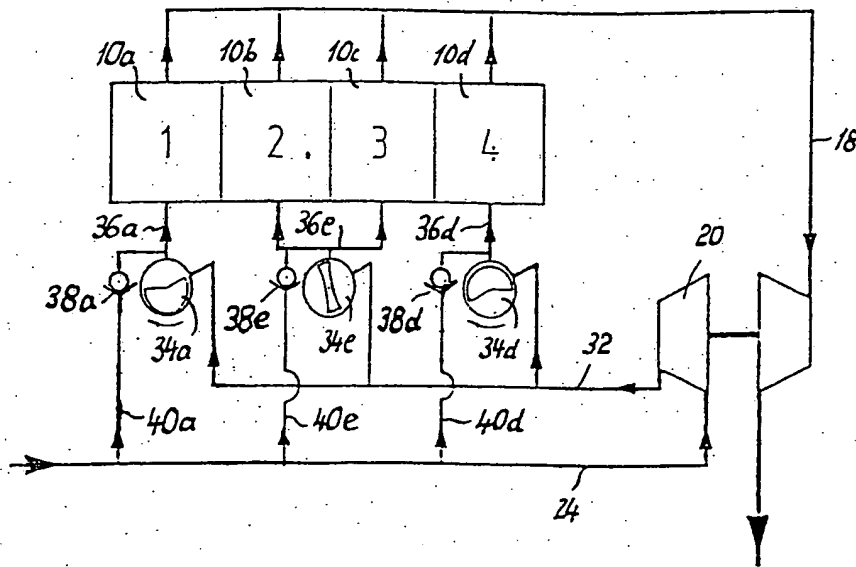
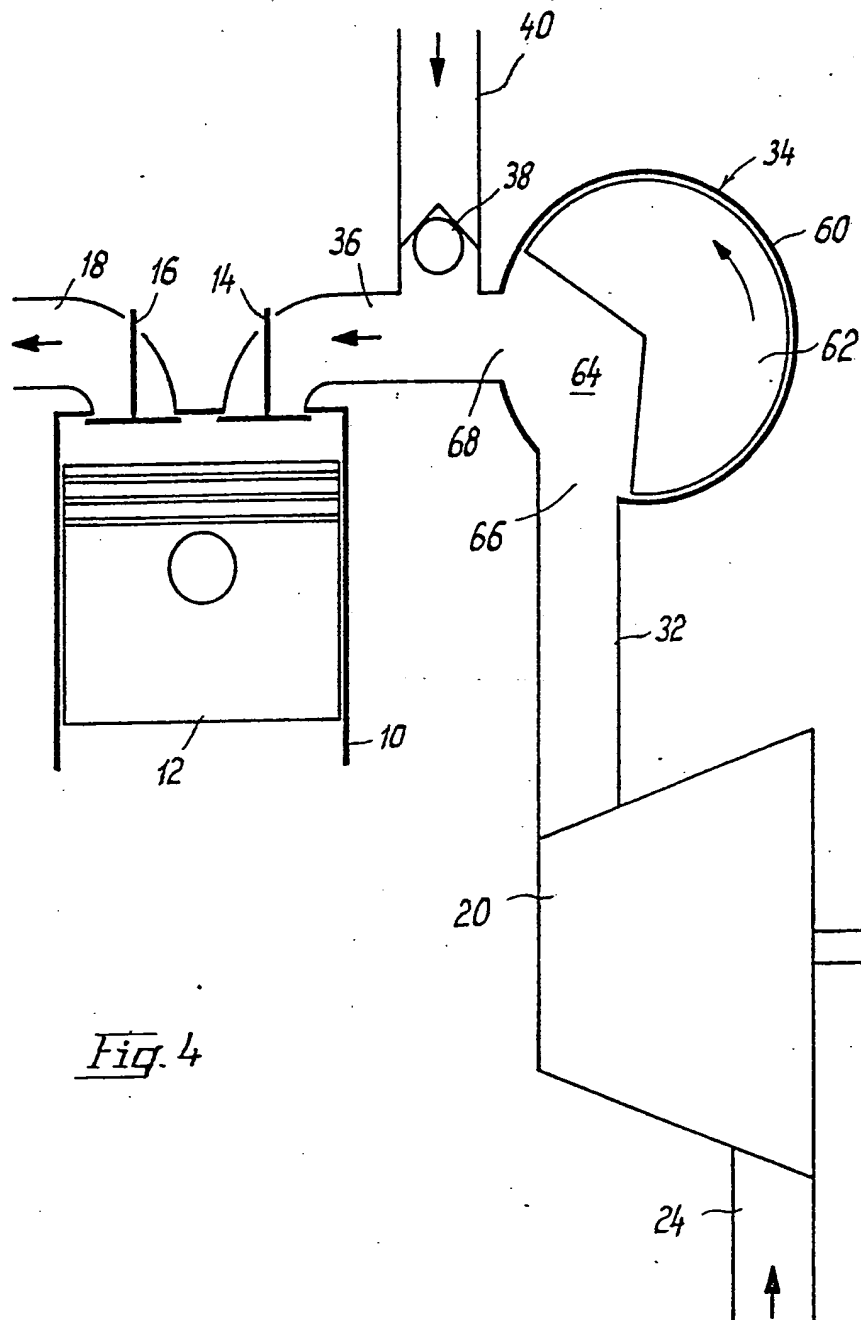


Fig. 2

Fig. 3



Dr.-Ing. Oskar Schatz - Ladeverfahren zum Betrieb eines Verbrennungsmotors und Verbrennungsmotor zur

*Fig. 4*

3737822

39

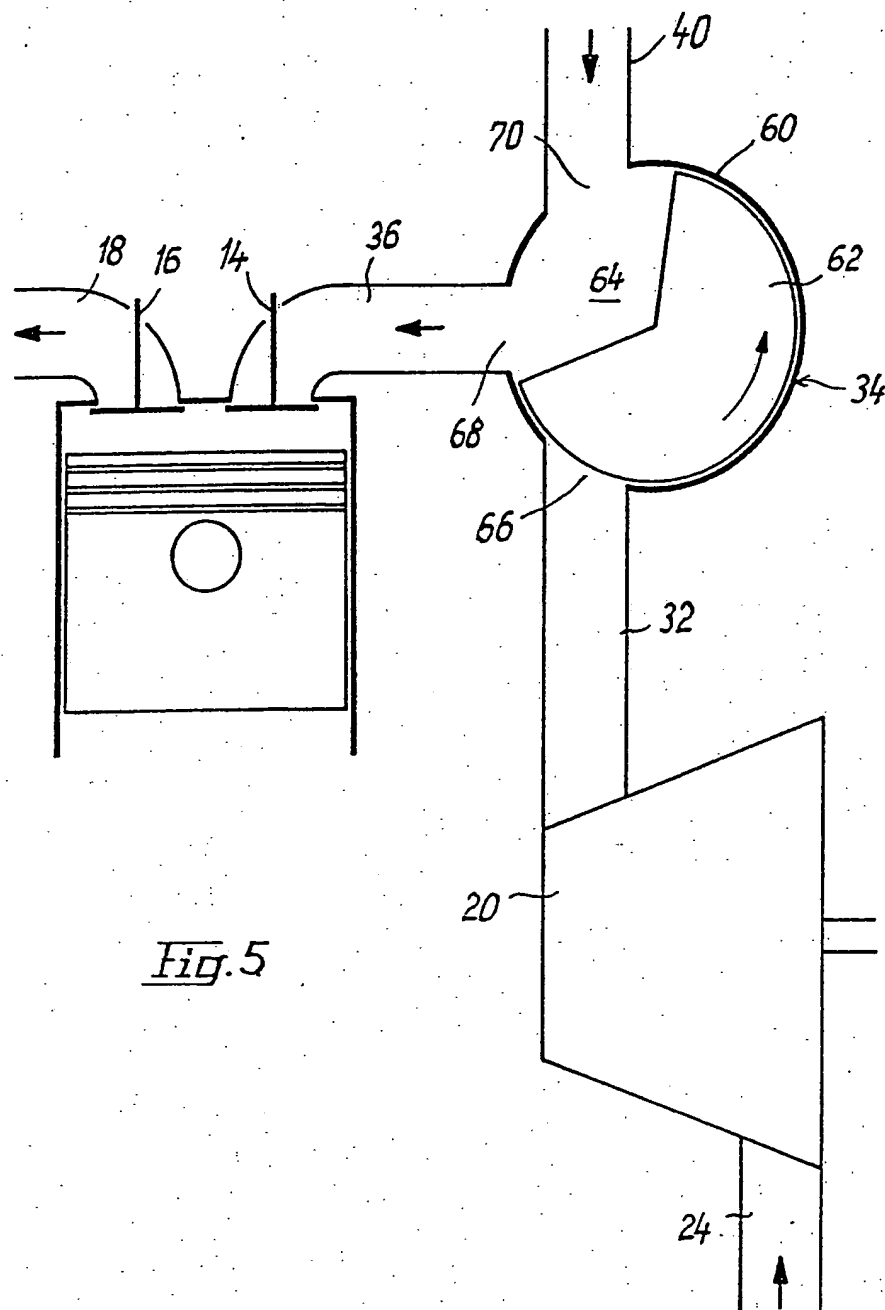
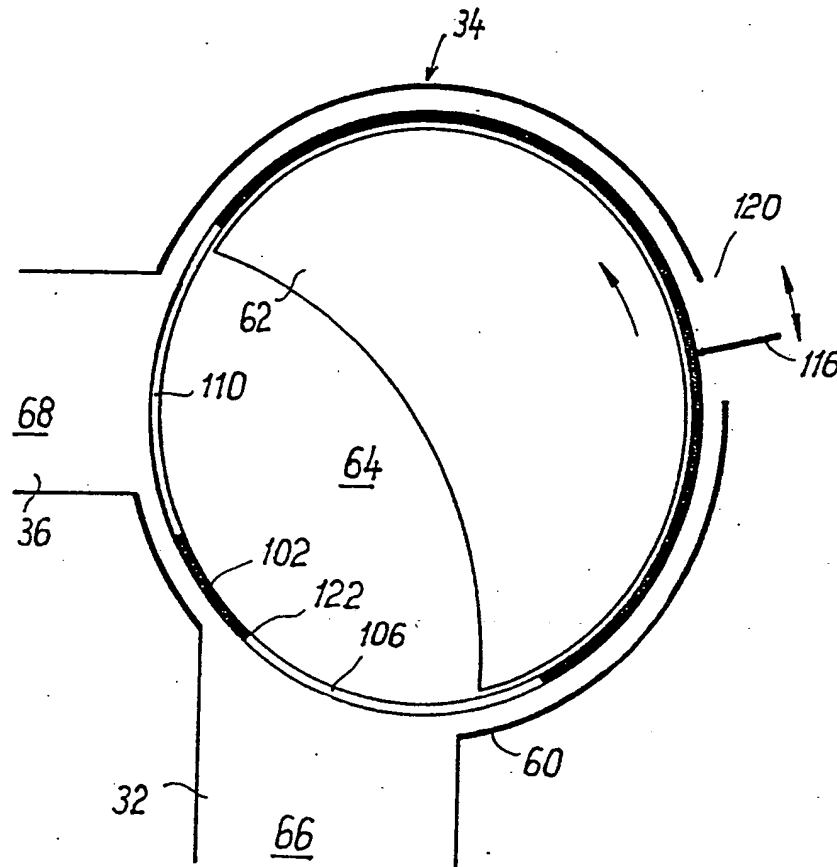


Fig. 5

3737822

Fig. 6



ORIGINAL INSPECTED

3737822

41

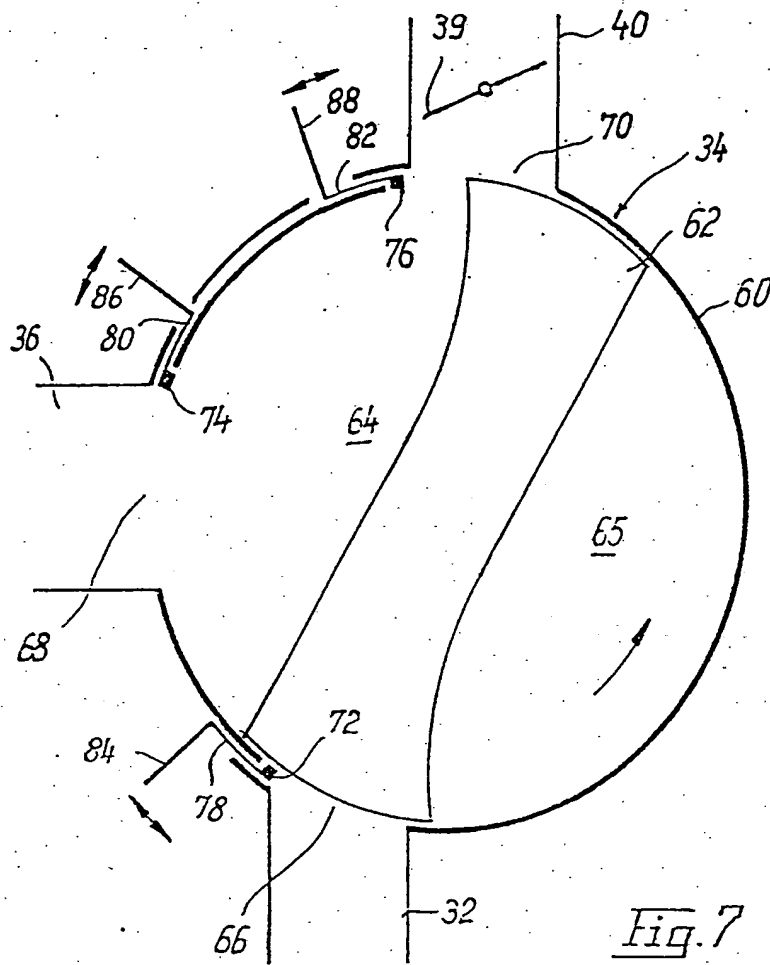


Fig. 7



42  
3737822

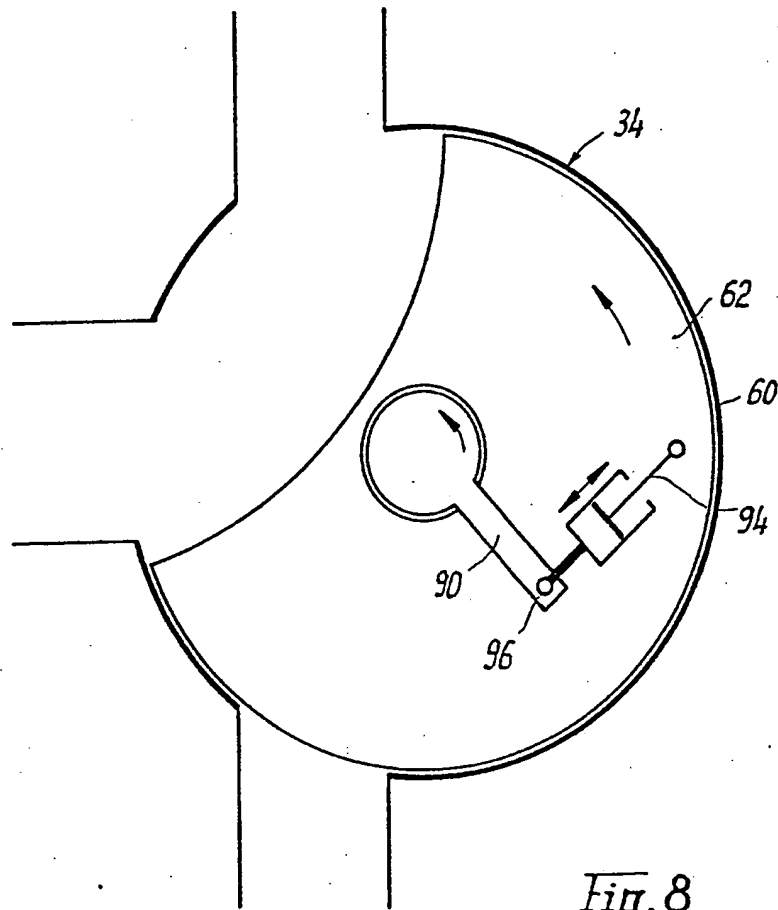


Fig. 8

Dr.-Ing. Oskar Schatz - Ladeverfahren zum Betrieb  
eines Verbrennungsmotors und Verbrennungsmotor zur  
Durchführung des Verfahrens.

3737822

Fig. 9

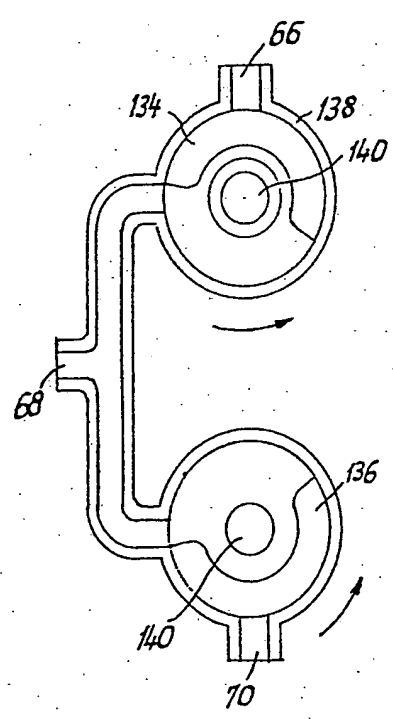
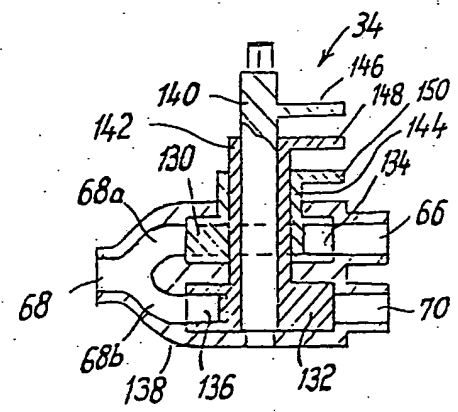


Fig. 10

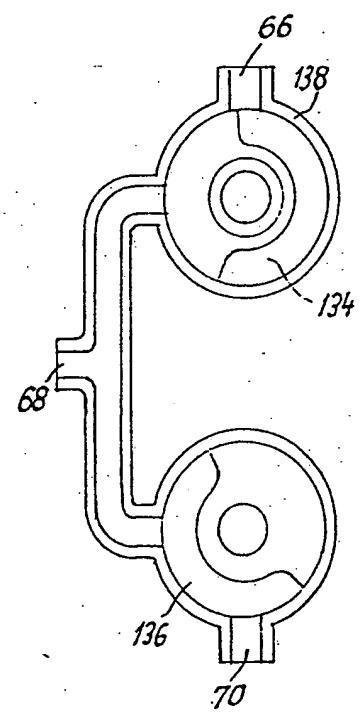


Fig. 11

ORIGINAL INSPECTED

ψψ\*

3737822

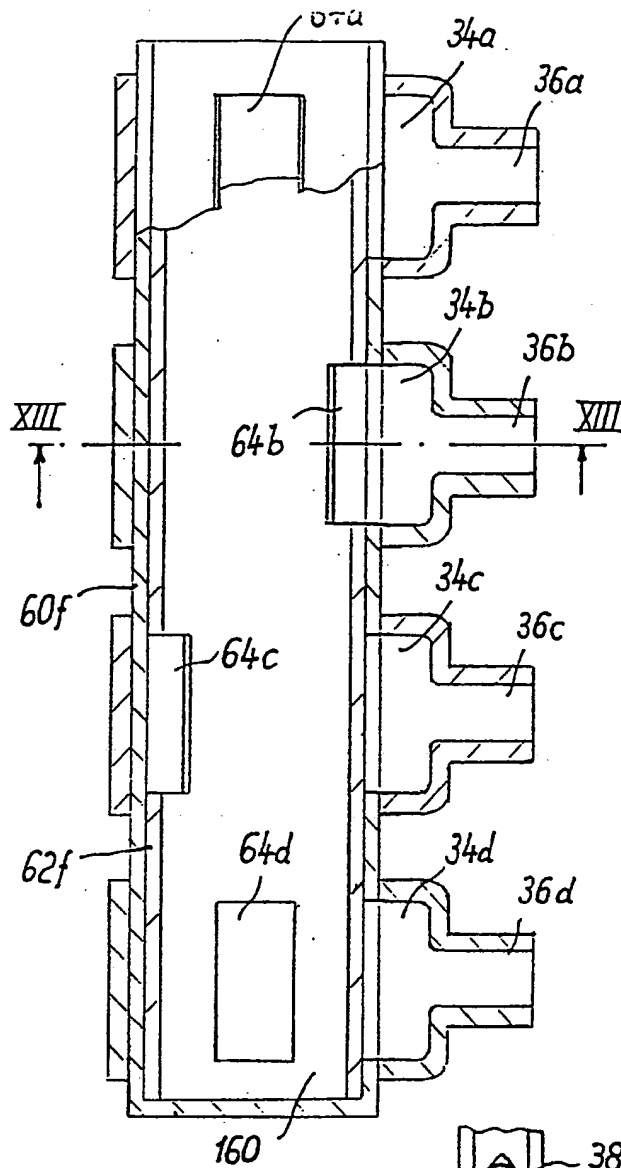


Fig. 12

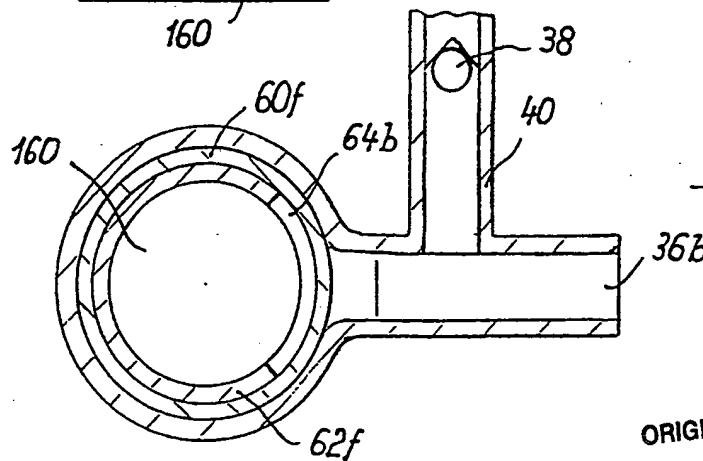


Fig. 13

ORIGINAL INSPECTED